



Universidad de Cuenca

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

**“Valoración de Procesos Digitales,
para la Optimización del Diseño Arquitectónico”**

Autor: Diego Fernando Calle Barros

Director: Arq. Boris Adrián Orellana Alvear

Tesis previa a la obtención del título de Arquitecto

Cuenca, Ecuador

Noviembre de 2014



<RESUMEN>

El panorama de trabajo en el que se ve inmerso el arquitecto moderno difiere mucho del imaginario tradicional que hemos creado de esta profesión. Hace mucho que los lápices, reglas o tableros fueron reemplazados por softwares que facilitan el quehacer arquitectónico al simplificar las tareas que el arquitecto antes debía realizar sobre el papel en su mesa trabajo. Este remplazo, significa también un desarrollo en las cualidades necesarias de un arquitecto, quien ahora se vale de la tecnología no solo como una herramienta simplificadora para pasar a limpio sus ideas, sino también optimizadora de su trabajo.

Como consecuencia la variedad de plataformas digitales de diseño se ha diversificado considerablemente en las décadas recientes. Este trabajo está dedicado a valorar cuál de estas opciones optimiza realmente la labor realizada por el arquitecto moderno a la hora de diseñar.



<ABSTRACT>

The work scene in which the modern architect is immersed differs greatly from the traditional imagery we have created about this profession. It's been a long time since pencils, rules and boards were replaced by software at facilitate architectural practice to simplify the tasks before the architect had to do on paper on his desk job. This replacement also means developing the necessary qualities of an architect, who now uses the technology not only as a simplifying tool to move to clean their ideas, but also optimizing their work.

Because the variety of digital platforms made for designing has diversified considerably in recent decades. This work is dedicated to assessing which of these options actually optimizes the work of the modern architect.

<INDICE DE CONTENIDOS>

Resumen	<2>
Abstract	<3>
Indice	<4>
Claúsula "Reconocimiento del derecho de la Universidad de Cuenca para la publicación del documento"	<5>
Claúsula de Responsabilidad	<6>
Objetivos	<7>
Agradecimiento.	<8>

<Capítulo 1>

<11>

<Establecimiento del Marco Teórico>

Arquitectura Paramétrica	<12>
Gramática de la Arquitectura	<15>
BIM	<19>
IFC	<22>

<Capítulo 2>

<24>

<Estableciendo Parámetros de Comparación>

<Capítulo 3>

<28>

<Recopilando Resultados>

AutoCAD	<31>
Revit	<36>
ArchiCAD	<41>

<Capítulo 4>

<45>

<Conclusiones>

<Glosario>

<48>

<Referencias Bibliográficas>

<50>



Yo, Diego Fernando Calle Barros, autor/a de la tesis “Valoración de Procesos Digitales para la Optimización del Diseño Arquitectónico”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Arquitecto. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor/a.

Cuenca, 10 de noviembre del 20

Diego Fernando Calle Barros
C.I: 010373099-0



Yo, Diego Fernando Calle Barros, autor/a de la tesis “Valoración de Procesos Digitales, para la Optimización del Diseño Arquitectónico”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 10 de noviembre del 2014.

Una firma manuscrita en tinta azul, que parece ser 'D.F. Calle'.

Diego Fernando Calle Barros
C.I: 010373099-0



<OBJETIVOS>

Objetivo General;

Valorar los procesos digitales de diversos tipos de programas aplicados al diseño, que tienen como base un sistema BIM y CAD. Experimentando en tipologías arquitectónicas diferentes.

Objetivos Especificos:

-Determinar y conocer los programas más utilizados en el medio académico como: Revit, Archicad y Autocad. Experimentar sus beneficios y limitaciones para su valoración.

-Generar parametros medibles de comparación entre los programas estudiados, basados en la información antes adquirida.

-Evaluar los 3 programas determinados, en base a la aplicación en ejemplos de arquitectura.

-Aplicar los resultados obtenidos, demostrando las ventajas significativas de los programas para diferentes tipologías arquitectónicas como: arquitectura cuencana de los años 80, proyectos de readecuación-restauración arquitectónica y arquitectura moderna con un **redibujo**.



*<A mi abuelo Humberto,
a mi bella madre
y a
mi amada esposa>*

Gracias por su apoyo incondicional.

$\langle C1 \rangle$

*<Establecimiento
del
Marco Teórico>*



La máquina ha dominado el panorama que hemos construido de nuestro futuro. Aunque estemos lejos de los autos voladores que levitan entre edificios monumentales de ciudades futurísticas al mejor estilo *Star Wars*, el boom tecnológico ha modificado significativamente la manera en la que nos enfrentamos a las tareas cotidianas o a nuestro quehacer profesional. Para el arquitecto el horizonte futurista suele tropezar con el imaginario tradicional de la profesión y las destrezas que se creían necesarios desarrollar. El boom tecnológico y su innovación significan la desaparición de la imagen del arquitecto-dibujante, pues estos cambios han alterado en definitiva las herramientas y habilidades que se necesitan para diseñar. Es por esto que, a pesar de que los CAD (*Computer-Aided Design* o *Diseño Asistido por Computadora*) o BIM (*Building Information Modeling*) posibilitan la creatividad y la productividad como nunca antes, aún son percibidos como gadgets o juguetes tecnológicos que “facilitan”, en lugar de potenciar una labor que no ha dejado de ser compleja.

Por otro lado la nueva mirada interdisciplinar de la arquitectura, que ha alimentado este boom tecnológico, suele ser ignorada en pos de la conservación del imaginario tradicional de la profesión, así que antes de embarcarnos en la valorización de los procesos digitales para la optimización del diseño arquitectónico, debemos hacer una parada obligatoria en los antecedentes conceptuales e históricos que definieron el desarrollo de las nuevas herramientas tecnológicas de las que disponemos y qué pueden enseñarnos sobre nuestra labor.

Este capítulo está dedicado a revisar los conceptos necesarios que le permitirán al lector familiarizarse con la terminología especializada que aparecerá más adelante, su sustento teórico y otros aspectos que facilitarán la lectura y comprensión de esta investigación. Es por esto que este capítulo se ha estructurado en cuatro apartados: la arquitectura paramétrica, la gramática de la arquitectura, los BIM y finalmente los IFC, cabe recalcar que solo se tratara de mostrar las ideas esenciales para la comprensión de los

ejemplos, ya que cada tema tiene una gran extensión que fácilmente nos tomaría una tesis completa por cada apartado y ese no es el caso. Todo lo señalado será respaldado con una serie de videos, que se convierten en el elemento fundamental para ejemplificar los procesos de optimización que son objetos de estudio en esta investigación.

Resulta evidente que el impacto de lo tecnológico produjo una crisis en las estructuras habituales, como bien sugiere el arquitecto Marcelo Fraile en su artículo “*El Nuevo Paradigma Contemporáneo del Diseño Paramétrico a la Morfogénesis Digital*”, lo que creíamos necesario e ineludible a la hora de ejercer nuestra profesión ha sido automatizado y digitalizado, reemplazando el panorama que nos tenía acostumbrados a reglas, escuadras, compases, lápices y papeles de grandes proporciones, por un ordenador y una taza de café. Por otro lado, esta crisis significó también un abanico de nuevas posibilidades para la experimentación y la innovación, pues la energía que el arquitecto antes debía invertir en el perfeccionamiento de las destrezas necesarias para el dibujo y el trazo, ahora pueden dirigirse al desarrollo de destrezas intelectuales como la creatividad y el descubrimiento.

Pero vamos por partes, pues, aunque la masificación de las herramientas tecnológicas es relativamente reciente, su intromisión en el quehacer arquitectónico se remonta a cinco décadas atrás, cuando Ivan Sutherland desarrolló el *sketchpad* como parte de su tesis doctoral para el Massachusetts Institute of Technology en 1963, concibiendo así la primera interfaz gráfica de la historia. El *sketchpad* permitía que sus usuarios dibujaran sobre un soporte virtual con ayuda de un lápiz óptico. Esta primera innovación es el antecesor de los ya mencionados CAD y de la mayoría de los *softwares* y *hardwares* para la generación de gráficos computarizados.

Este hito inicial significó también el primer quiebre de lo tradicional, pues demostró que la tecnología podía, no suplantar el intelecto humano, *sino potenciarlo*. Tuvieron que pasar



*<Arquitectura
Paramétrica>*



Se dice que el arquitecto español Antoni Gaudí, caracterizado no solo por la magnificencia de su obra, fue conocido además por la capacidad de proyectar mentalmente sus obras, incluso se cuenta que muchas veces prescindió de planos, pues prefería recrear su trabajo en maquetas tridimensionales e incluso improvisaba durante la marcha dando instrucciones sobre qué se debía hacer. Esta actitud de disposición ante el error y la experimentación es posible hoy gracias a la intromisión tecnológica en el quehacer arquitectónico y el desarrollo del modelo paramétrico, pero para adentrarnos apropiadamente en este concepto, es necesario iniciar con lo más elemental.

El Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (2014) define la palabra *parámetro*, en su acepción matemática, como una «variable que, en una familia de elementos, sirve para identificar cada uno de ellos mediante su valor numérico», dicho en otras palabras, los elementos de un todo podrán reconocerse y diferenciar unos de otros a través de *x*. Esta definición es significativa porque destaca la importancia que tiene una *variable* para el modelo paramétrico, pues es justamente la naturaleza cambiante del *parámetro* lo que definirá a este nuevo enfoque.

A pesar de que este enfoque paramétrico del diseño vio la luz desde la década de 1960, como podemos ver en la siguiente cita, no es hasta el siglo XXI cuando empieza a ganar terreno dentro de las aplicaciones para el desarrollo de diseños arquitectónicos. Junto con este incremento del interés en la arquitectura paramétrica, se desarrollaron diferentes sistemas operativos que manejan este enfoque con los cuales se puede facilitar la labor del profesional de la arquitectura. Gracias a ser un método matemático, esta arquitectura permite rediseñar y volver a trabajar en determinados aspectos de la propuesta, para modificarla en función de las necesidades que se vayan presentando durante el diseño, como podemos constatar de igual forma en la siguiente cita:

«Si bien el diseño paramétrico ha existido desde la

década de 1960, fue recién en este siglo, con los avances en materia de tecnología digital, que se ha convertido en una nueva conceptualización de la actividad de diseñar, reduciendo los esfuerzos innecesarios para crear y modificar variantes en el proyecto. El modelado paramétrico es un método matemático, que permite alterar determinadas características del modelo, en cualquier instancia del proceso, sin tener que volver a calcular otras características que se verían afectadas frente al cambio realizado. » (Fraile, 2011: 2)

Por otro lado, es necesario reconocer que el panorama interdisciplinar en el que la arquitectura se ha visto inmersa en los últimos años le ha otorgado las diversas perspectivas de la informática e incluso de la biología. Por ejemplo, al hablar de la arquitectura paramétrica resulta imposible ignorar el trabajo del profesor de Psicología e Ingeniería Electrónica, John Holland, quien en 1970 propuso un modelo de operaciones matemáticas basadas en las teorías darwinianas de la reproducción y supervivencia del más apto. En sus modelos se podían combinar variables iniciales y al introducir ligeras modificaciones o “mutaciones”, que, al igual que en la naturaleza, resultaba en “individuos” más aptos para determinadas circunstancias (Fraile, 2011: 4).

La arquitectura paramétrica es el resultado de una simbiosis entre los alcances de la informática, la *nueva visión* que la biología le dio a la matemática para la concepción de los algoritmos genéticos y la creatividad del arquitecto. «El modelo paramétrico es un método matemático, que admite alterar determinadas características del [...] [diseño], en cualquier instancia del proceso sin tener que volver a calcular otras características que se verían afectadas frente al cambio realizado» (Fraile, 2014: 2).

De esta forma, la arquitectura paramétrica se convierte en un material de uso frecuente en la arquitectura por su adaptabilidad y flexibilidad a la hora de realizar modificaciones gracias a la edición de algoritmos que modifican partes específicas de la creación sin tener que realizar una nueva serie de cálculos que podrían tornar en tediosa la labor arquitectónica y provocar apatía en el profesional. Además, gracias a la aplicación



«A partir de la utilización de editores algorítmicos, el diseño paramétrico permite eliminar largas y tediosas tareas repetitivas disminuyendo el error humano y posibilitando obtener un sinfín de alternativas a partir de la modificación de las variables iniciales. A su vez, facilita la creación elaboración y modificación de prototipos, optimizando, concibiendo “... diferentes formas de distribuir la materia” con precisión y de manera sencilla, emprendiendo el camino hacia la automatización del diseño y la producción. »

El modelo paramétrico se sirve de un software que autoriza la creación de maquetas virtuales en tercera dimensión, lo novedoso de esta es que el usuario es capaz de programar un sinnúmero de variables que, a través de algoritmos genéticos y estrategias matemáticas de programación, formularán un acercamiento sumamente realista de un diseño flexible y adaptable que podrá ser modificado y reconsiderado durante su proceso de concepción, lo que no solo nos permite obtener una posibilidad infinita de variantes de una sola propuesta, sino que estas pueden ser verificadas o puestas a prueba durante la fase del diseño.

«Con este sistema es posible, entonces, frente a un problema, generar un proceso automático de posibles resultados [...] Esto elimina complicados cálculos y tareas repetitivas, operando en forma simultánea con diversas soluciones al mismo tiempo, en lugar de hacerlo de una a una, como en los sistemas tradicionales»
(Fraile, 2014: 4)

Dejando de lado la intervención de los avances informáticos, se podría decir que la arquitectura paramétrica, genera una relación entre los diferentes elementos que componen el diseño. A partir de esta relación se puede generar modificaciones específicas al tomar al diseño como un todo fácilmente manipulable. En tal virtud, con el apoyo informático señalado, sería misión del diseñador de un modelo paramétrico, disponer de:

«... cada elemento (una línea, un arco, una variable booleana) en términos de su relación con otros términos o con variables numéricas que definen sus propiedades y localización jerárquica del modelo global. En el modelo paramétrico el diseñador *crea una un sistema de relaciones* –una suerte de mecanismo– que le permite producir rápidamente un gran número de variaciones una vez el sistema se ha configurado» (Capdevilla & Cardoso, 2009: 7)

Como resultado tenemos una plataforma de diseño que nos concede, no solo adaptar nuestras propuestas al cambio, sino hacerlas evolucionar. Por ejemplo, si hemos ideado un edificio de veinte plantas y durante el proceso decidiéramos modificar la altura entre cada piso, enfrentaríamos un gran desafío, pues este cambio, que parece mínimo a primera vista, requeriría de un replanteamiento de otros factores como ancho de columnas, dimensión de ventanas, ductos, entre otros. El modelo paramétrico facilita considerablemente este proceso, pues solo requiere una ligera modificación en las variables iniciales para que el software realice los tediosos cálculos, permitiéndole al arquitecto innovar y experimentar con su diseño en la marcha, al igual que Gaudí y sus maquetas.



*<Gramática
de la
Arquitectura>*

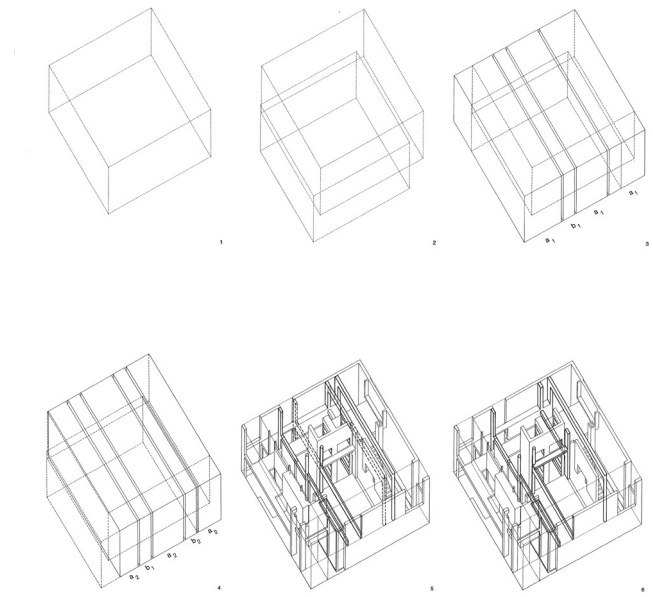
Así mismo, la arquitectura paramétrica tiene mucho que ver con el establecimiento de un sistema generador, que a través del uso de un número limitado de algoritmos propiciará un número infinito de posibilidades. Sin embargo, este concepto no era nuevo para la comunidad académica, pues tiene mucho que ver con las teorías generativistas del lingüista Noam Chomsky, quien a mediados de la década del 50, propuso que un número determinado de operaciones gramaticales ($SN+SV=O$)¹, formaran una estructura base de variables que podrían combinarse para generar un número ilimitado de construcciones sintácticas y de sentido. Los conceptos de generación y flexibilidad pronto se tradujeron al quehacer informático y arquitectónico. Pero ¿a qué mismo nos referimos cuando hablamos de una gramática de la arquitectura?

Durante la década del 70 los diseñadores y teóricos informáticos, George Stiny y James Gips, idearon un sistema de generación de formas basadas en reglas, sus antecedentes eran la antes mencionada gramática generativa de Noam Chomsky y el trabajo de Emile Post en la teoría de la computabilidad². Este sistema se usó primeramente en las artes, en la escultura y la pintura, para que a partir de las distintas disposiciones a través de las que se concebía una forma, el artista pudiese crear una diversidad *infinita de posibilidades*, al igual que las fórmulas que la gramática generativa le permitía a Chomsky idear un número ilimitado de oraciones a partir de una regla básica.

Uno de los ejemplos más renombrados del uso pionero de la gramática de la arquitectura fue el grupo norteamericano los New York Five que inició sus actividades alrededor de esta época en la ciudad homónima. Dicho colectivo tomó la aplicación de la gramática formal en otras áreas del conocimiento y la asoció con la formulación de propuestas geométricas para el desarrollo de diseños arquitectónicos, así, podemos encontrar a es-

tos cinco arquitectos, como los iniciadores de una corriente que ha ido en aumento constante gracias al aporte de la tecnología.

«Los New York Five (Peter Eisenman, Robert Graves, Charles Gwathmey, John Hejduk y Richard Meier) llevaron a cabo la primera y más importante aplicación del concepto de gramática generativa a la generación de formas. Su trabajo, especialmente los diseños de Eisenman para las Casas I-X, (Fig1), parten de formas geométricas autónomas, su- puestamente de origen racionalista. que se



(fig 1) Eisenman casa1

La gramática de la arquitectura o gramática formal entiende a la forma como una «colección de segmentos junto con una colección de puntos etiquetados, que pueden ser intersecciones entre segmentos o simplemente puntos arbitrarios distinguidos» (Boned, s/a: 2), que componen una «estructura compuesta por varios elementos o partes, de tal manera ordenados, que constituyen un todo» (Etchegaray, 2011: 1), partiendo de la forma como una estructura, la gramática formal permite «... la creación de un orden, como la articulación de unos elementos, según unas leyes o principios formales que, o están dictados con anterioridad a la ejecución del proceso, o se descubren e imponen a lo largo de la generación de la forma» (Etchegaray, 2011: 1), como bien explica Montes Serrano, quien es citado por Etchegaray en su artículo «La Identificación de una Gramática Formal

1. Chomsky propuso que las oraciones eran producto de operaciones gramaticales que sumaban un sintagma nominal (SN) como: «La niña», con un sintagma verbal (SV) como: «come helado».

2. La teoría de la Computabilidad estudia qué problemas de decisión (preguntas cerradas, cuya respuesta puede ser «sí» o «no») pueden ser resueltos con algoritmos.

a través del Modelado Digital”. La gramática formal nos ayuda a generar formas a partir de reglas dadas con anterioridad a la concepción de la estructura en sí misma.

Según Celani³ la *gramática formal* se vale de los siguientes elementos para desarrollarse:

1. Vocabulario de Formas: Se debe precisar un conjunto de formas primitivas a las cuales aplicar las reglas. Estas formas pueden ser bidimensionales o tridimensionales.

2. Relaciones Espaciales: Se debe establecer combinaciones espaciales determinadas entre las formas primitivas del vocabulario.

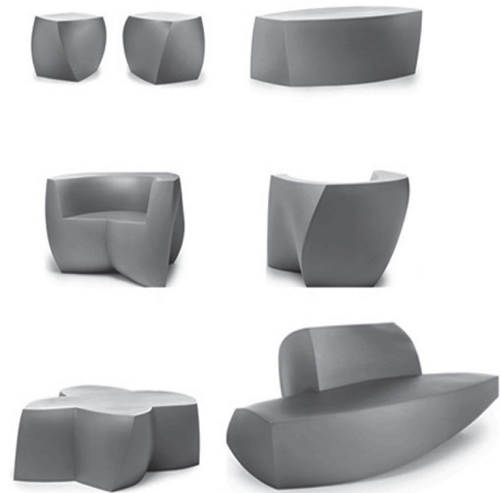
3. Reglas: Determinar las transformaciones a partir de las relaciones espaciales. Estas pueden ser aditivas o substractivas.

4. Forma Inicial (o Axióma): Para empezar a aplicar cualquier norma, es necesario seleccionar una forma inicial que pertenezca al vocabulario propuesto inicialmente. (Etchegaray, 2011: 2).

Después se aplicarán las reglas hasta obtener un resultado adecuado. Mucho se ha hablado de cómo la aplicación de la gramática formal puede desembocar en la automatización del acto de diseñar, sin embargo, vale la pena recalcar que este proceso requiere del involucramiento comprometido del arquitecto, pues, *la aplicación y planteamiento correcto de una regla será posible solo gracias a su creatividad y criterio.*

Para la identificación de la Gramática Formal como fué descrito anteriormente, es necesario la definición de los siguientes elementos: Vocabulario de formas, Relaciones espaciales, Reglas y Selección de la Forma inicial para empezar la aplicación de las reglas. Siendo así, si queremos dar un ejemplo de fácil comprensión podremos utilizar la colección de muebles creados por Frank Gehry que se encuentra en la colección permanente de diseño de la Pinakothek der Moderne en Múnich, y expuesto en el Cooper Hewitt Museum de Nueva York. Este mobiliario The

3. Etchegaray cita a Celani en su artículo “La identificación de una Gramática Formal a través del Modelado Digital”.



(fig. 02). The Frank Gehry Furniture Collection

A través de una representación digital bidimensional, es posible identificar el vocabulario de formas, las relaciones espaciales y las reglas, que pueden ser descritas de la siguiente manera: (Fig03)

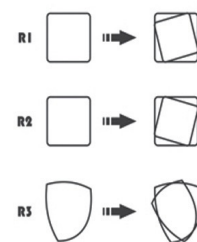
1. Vocabulario de formas



2. Relaciones Espaciales



3. Reglas



(fig. 03). The Frank Gehry Furniture Collection

Regla 1: la forma inicial sufrirá una rotación de 15 grados en sentido anti horario y una reducción para 85% de su tamaño original;

Regla 2: la forma inicial sufrirá una rotación de 15 grados en sentido horario y una reducción para 85% de su Tamaño original;

Regla 3: la forma inicial sufrirá una rotación de 25 grados en sentido anti horario y una reducción para 90% de su tamaño original.

Sin embargo, a pesar de que este trabajo de investigación está enfocado en la manera en que la gramática de la arquitectura se aplica gracias a sistemas operativos específicos, no se debe considerar esta, como la única manera de aplicarla. Todo lo contrario, se puede trabajar de igual forma la gramática de la arquitectura sobre el papel como con una computadora, aunque las ventajas de los sistemas operativos son considerables cuando observamos factores como el tiempo o la cooperación creativa, como veremos más adelante. Al respecto, encontramos la siguiente cita:

«... la gramática formal esta inserida en un área del conocimiento llamado internacionalmente de Design Computing, o Computational Design, y mismo que el nombre recuerde el uso de ordenadores, la gramática formal no consiste, necesariamente, en la implementación de aplicativos en ordenador, o el uso de programación, pero si en un modo lógico y matemático de pensar el proyecto. » (Dominguez y Heidrich, 2011: 2)

Un buen ejemplo de la utilización de gramáticas de arquitectura, es el reconocido conjunto de viviendas *Quinta da Malagueira*, concebido por Álvaro Siza Viera en la década del 70, se ha establecido como el paradigma de los resultados que se pueden obtener al hacer uso de la gramática a la hora de diseñar. Siza se valió de este sistema de generación de formas no solo para crear edificaciones apropiadas, sino para innovar y explorar las posibilidades que le ofrecería las variaciones de una forma inicial y el hecho de agruparlas como parte de un todo.

El conjunto de viviendas se destaca por su magistral aporte estético, el «rango de alturas de muros, junto con la posición alterna de los patios y terrazas resulta en una rica composición tridimensional. La construcción sigue la topografía existente, lo que trae a cada casa una propia identificación» (Duque, 2011: s/p).(fig04).



(fig04) Quinta da Malagueira, conjunto de viviendas concebido por Álvaro Siza Viera en la década del 70.



$\langle BIM \rangle$



A pesar de que el concepto del formato *Building Information Modeling*, BIM, existió desde la década del 70, para ser más precisos, aparece en el ensayo de Chuck Eastman de 1975 *“El Uso de Computadoras en Lugar de Dibujos en el Diseño de Edificaciones”*, bajo el nombre *Building Description System*, BDS. Sin embargo, su primera aparición documentada se dio en 1992 cuando G.A. van Nederveen y F. P. Tolman hicieron uso del término en un ensayo. Aun así, el vocablo y sus siglas no se hicieron populares hasta que se generaron *softwares* que requerían de un formato que facilitara el almacenamiento e intercambio de la información generada digitalmente.

Después de que la tecnología se inmiscuyera definitivamente en el quehacer arquitectónico los CAD y los BIM se volvieron parte, no solo del vocabulario especializado del arquitecto promedio, sino que generaron una rivalidad con respecto a qué sistema resulta más conveniente y porqué. Es necesario comprender que en un panorama en el que la existencia de un sinnúmero de alternativas digitales para el diseño resulta ineludible tomar una decisión con respecto a qué alternativa se adapta mejor a las exigencias de nuestro estilo y ritmo de trabajo. Debemos recordar que después de todo, estas son herramientas y al igual que una hoja de papel para el arquitecto tradicional, un sistema o proceso digital debe rendir el máximo de su desempeño.

De esta forma, se debe señalar que el *Building Information Modeling* (BIM) se refiere a un grupo de metodologías de trabajo arquitectónico que se basan en la facilidad que brinda la informática para desempeñar cualquier proyecto. Así, el BIM trabaja la información de manera automatizada, coordinada, coherente, computable y continua; para de esta forma, generar diseños que cuenten con la ventaja de ser modificados de manera paralela sin que esto implique un gran desgaste en la mesa de trabajo sobre el papel y los planos.

Gracias al BIM, se puede también seleccionar incluso los materiales a utilizarse en el proyecto o el uso del espacio, como podemos ver en la siguiente cita:

«BIM es el acrónimo de *Building Information Modeling* (modelado de la información del edificio) y se refiere al conjunto de metodologías de trabajo y herramientas caracterizado por el uso de información de forma coordinada, coherente, computable y continua; empleando una o más bases de datos compatibles que contengan toda la información en lo referente al edificio que se pretende diseñar, construir o usar. Esta información puede ser de tipo formal, pero también puede referirse a aspectos como los materiales empleados y sus calidades físicas, los usos de cada espacio, la eficiencia energética de los cerramientos, etc. » (Coloma, 2008:10)

La tecnología BIM nos permite «adicionar eficiencia en los procesos de diseño y construcción, mejorar la calidad, reducir desperdicios y errores, crear modelos inteligentes [...] [que nos provean] una representación digital 3D de las características físicas y funcionales de un edificio» (Audeves, s/a: 36). Por otro lado, a diferencia de los modelos CAD, los sistemas BIM almacenan más información y de diversas características sobre nuestro proyecto y sus procesos, como nos recuerda Jackson¹:

«Contiene un depósito en el que se carga una base de datos en la que se puede introducir casi cualquier información que se desee, como por ejemplo: tipos de materiales especificando su peso, tamaño, color, grado de resistencia al fuego, marca, etc.; instrucciones de instalación para el montaje, garantías de comercialización, requisitos de mantenimiento y costos; además, este modelo constituye una herramienta poderosa para compartir conocimiento entre los integrantes de los equipos de diseño y construcción» (Audeves, s/a: 36)

1. Audeves cita a Jackson en su artículo *Metodología para Desarrollar Modelos de Construcción de Proyectos de Vivienda, Utilizando Tecnología BIM*.



Otra de las ventajas que ofrece el BIM es la capacidad de trabajar en grupo sobre un mismo diseño, sobre un mismo archivo informático. Gracias al desarrollo de la informática y las tecnologías de la comunicación, diferentes arquitectos, pueden vestir el traje de usuarios dentro de un proyecto que trabaja en base al Building Information Modeling. Diferentes usuarios pueden trabajar de manera coordinada un proyecto, pero siempre se debe tomar en cuenta que los grupos de trabajo no sean muy numerosos, porque pueden causar complicaciones al encontrarse en el sistema operativo, como nos recalca la siguiente cita:

«Conseguir que la información esté coordinada es esencial para que el desarrollo del proyecto pueda llevarse a término por parte de múltiples usuarios, aunque se ocupen de disciplinas diferentes. Así, dos arquitectos podrán trabajar en el mismo proyecto con la seguridad de que la información que uno actualice estará disponible automáticamente para el segundo. Esto es bastante fácil de conseguir con las aplicaciones BIM, si se emplean los procedimientos adecuados y hay pocos usuarios, pero empieza a ser complicado en proyectos grandes donde intervienen muchos modelos y diseñadores.» (Coloma, 2008:10)

Además esta información podrá ser fácilmente almacenada y compartida, lo que no solo nos proporcionará una perspectiva más amplia y realista de nuestro diseño, sino que nos permitirá trasladarla y compartirla con clientes y colegas. Esto significa un cambio radical en la *visión tradicional* de arquitecto-dibujante que debía cargar grandes planos o maquetas. Este tipo de alternativas nos permiten movernos con más libertad dentro de los procesos de construcción, además de promover un desempeño más eficiente durante los diversos procesos de nuestro trabajo.

Finalmente, si bien el trabajo se ve facilitado de gran manera gracias a la utilización de la tecnología en el diseño arquitectónico, también se debe señalar que no es un trabajo del todo sencillo ya que implica también un grado de dedicación para conseguir proyectos coherentes. Dentro de este modelo de trabajo, hay que poner mayor énfasis en los detalles de la propuesta al punto que se debe buscar encajar las instalaciones sanitarias o eléctricas con el diseño global, pasando de una simple preocupación por el diseño externo, hasta una profunda revisión de los por menores y detalles de nuestra propuesta.

De esta forma, hemos podido observar las ventajas que ofrece el BIM a los diseñadores, también hemos contemplado como el trabajo se facilita y es más rápido su desarrollo que si el arquitecto realiza todo su trabajo sobre el papel. También el trabajo cooperativo se ve potenciado con esta herramienta, ya que un grupo moderadamente extenso de arquitectos puede realizar cambios en un mismo diseño, aportando de esta forma a la perfección del proyecto.

$\langle IFC \rangle$



Finalmente, para cerrar este apartado y antes de sumergirnos en la valorización de los procesos digitales, para la optimización del diseño arquitectónico, debemos hablar sobre el formato IFC, o *Industry Foundation Classes*.

El formato IFC, "Industry Foundation Classes", es un formato de datos de especificación abierta. Fue desarrollado por el IAI (International Alliance for Interoperability), predecesora de la actual Building Smart, con el propósito de convertirse en un estándar que facilite la interoperatividad entre programas del sector de la construcción.

Este formato tipo fichero traslada la información generada y recopilada en CAD o BIM hacia otras aplicaciones, mejorando la integración e interacción de nuestras herramientas virtuales y la información que generamos con ellas.

Los objetos IFC representan un modelo de información tanto geométrico como alfanumérico, esto quiere decir que mantiene su información de forma y de parámetros.

Todos los programas que soportan IFC pueden leer y escribir información e intercambiarla con otros programas que también lo hacen. De esta manera podemos intercambiar cualquier objeto, con su funcionalidad y sus propiedades de origen.

Cabe recalcar que la compatibilidad aun no es total entre aplicaciones o softwares, ya que cada programa tiene su programación propia; es decir yo puedo leer información de un muro o pared fuétrasladada desde otro programa, pero no sus propiedades acústicas. Sin embargo el sólo hecho de poder traspasar de un programa a otro un muro y sus relaciones geométricas ahorra muchísimo tiempo. Pero esta no es la meta del formato IFC de solo intercambiar geometría, es por ello, que cada año salen mejoras en el formato.

El formato IFC esta revolucionando en el mundo de la informática de diseño, ya que la meta de sus creadores es que llegue a el formato, que pueda unificar todos los softwares que tienen que ver con el diseño o representación arquitectónica. Y de esta forma haya una intercomunicación total lo cual hace que todos salgamos beneficiados; clientes diseñadores y constructores.

<C2>

<Estableciendo
Parámetros de
Comparación>



Debido a la notable diversidad de plataformas informáticas disponibles para el quehacer arquitectónico hemos decidido, en primer lugar, establecer cuáles son los softwares más usados en nuestro entorno.

Ya que se ha encontrado una gran diversidad de plataformas en el medio. Optamos por contactarnos con tres docentes de las instituciones universitarias de la ciudad de Cuenca que ofertan la carrera de Arquitectura (Universidad Católica de Cuenca, Universidad de Cuenca y Universidad del Azuay), y les preguntamos: ¿Qué software de diseño arquitectónico, es el que ustedes imparten en su pensum?. Porque si analizamos detenidamente, los estudiantes son los mayores usuarios de estos programas diseño a consultar, por que dedican horas, años de esfuerzo para dominarlos. Los mismos son o se convertirán en dibujantes de las diferentes oficinas de arquitectura o constructoras, es decir los conocimientos de los estudiantes son los que dan la pauta en el medio para determinar que programas son los más utilizados. Como dice James Steele en su libro *Arquitectura y Revolución Digital*, (*Debemos a las universidades la popularidad a un determinado software*).

Por consiguiente, para este estudio específico hemos optado por guiarnos por los resultados obtenidos en nuestras entrevistas a los docentes, por ser una forma rápida y concisa de determinación. Y así tener más tiempo para la investigación de los temas a tratar y no desviándonos con innecesarios procedimientos de determinación.

Los datos obtenidos revelaron que, por un lado, en la Universidad Católica de Cuenca se había optado por la enseñanza de AutoCAD, mientras que en el currículo propuesto por la Universidad de Cuenca se oferta la enseñanza de AutoCAD y Revit, y finalmente, en la Universidad del Azuay se optó por el aprendizaje de con ArchiCAD.

Es por esto que para el desarrollo de esta investigación hemos decidido comparar y

valorar el desempeño de *AutoCAD*, *Revit* y *ArchiCAD* con respecto a la optimización del diseño *arquitectónico* ya que al ser estos los programas base de diseño en las universidades estos son los elegidos para este estudio.

Sin embargo, antes de seguir es necesario explicitar cuáles son los criterios propuestos para esta valoración y cómo estos nos permitirán obtener información con respecto al desempeño de estos programas en el desarrollo de proyectos que podrían variar desde: arquitectura moderna, arquitectura cuencana de los años 80 o proyectos de readecuación/restauración arquitectónica, estas tipologías han sido escogidas bajo el criterio de un planteamiento como un caso de estudio por ser las 3 tipologías más estudiadas y diseñadas en la ciudad de Cuenca.

Es necesario reconocer, además, que los criterios planteados responderán a los preceptos formulados por el enfoque desarrollado por la arquitectura paramétrica, y cómo esta permite la vinculación entre el usuario y su computador, pues facilita considerablemente el proceso de diseño al requerir solamente modificaciones en las variables iniciales para que el software realice los tediosos cálculos, permitiéndole al arquitecto innovar y experimentar con su diseño en la marcha (*véase el ejemplo propuesto en el primer capítulo, apartado: Arquitectura Paramétrica, pág. 20*). No dejando a lado los diferentes conceptos que estudiamos en el capítulo 1 y como estos influyen en la optimización en un proceso de diseño.

1. Se contactó en una entrevista personal al Arq. Wilson Rodríguez, docente de la Universidad Católica de Cuenca, al Arq. Boris Orellana, docente de la Universidad de Cuenca y al Arq. Santiago Carvajal docente



Antes de comenzar con el planteamiento de los parámetros de comparación. Vale recalcar que para el inicio de esta investigación nos planteamos estudiar los tres programas y ponerlos a prueba en diferentes tipologías arquitectónicas, como podemos observar en los objetivos. Pero en el transcurso de la investigación graficar con los parámetros estudiados en el capítulo 1. Y si este fuese el caso de uno de ellos, el más apto, será puesto a prueba en las tipologías mencionadas mediante un redibujo como dice en los objetivos. De esta manera no caemos en una leve comparación de procesos de representación gráfica de diferentes programas, y llegamos a cumplir nuestros objetivos a cabalidad.

Para todo esto, en este estudio hemos propuesto dos criterios de comparación y valoración primordiales. Estos determinarán **cuál** de los *softwares* posibilita un mayor grado de optimización y, sobre todo, si estos admiten o no la parametrización y el ingreso de gramáticas a la hora de diseñar. A continuación describiremos en qué consiste cada uno.

1. Visión. Este criterio se encarga de reconocer el enfoque de trabajo y las posibilidades ofertadas por los programas con respecto a los siguientes aspectos:

1.1. Arquitectura Paramétrica

1.2. Gramática de la Arquitectura

1.3. BIM

1.4. IFC

El parámetro *Visión* resulta primordial pues, como ya vimos en el capítulo previo, las posibilidades desarrolladas por la arquitectura paramétrica, gramática arquitectónica y los usos del BIM e IFC son indispensables para que exista una intercomunicación adecuada entre el usuario y la máquina. Y si esto no existiera, no habrá una verdadera optimización.

2. Capacidad Paramétrica. Uno de los objetivos esenciales de este estudio es valorar en qué medida es posible la parametrización en un proceso digital. Es por esto que este criterio resulta ineludible, ya que de él dependerán la mayoría de los procesos que permiten la optimización del diseño arquitectónico, porque, es el establecimiento de parámetros a través de fórmulas lo que facilitan la automatización de cálculos, y esta a su vez, la potenciación que facilitará el diseño.

<C3>



Después de haber determinado los criterios a considerar a la hora de valorar los procesos digitales, además de haber determinado cuales son los softwares a analizarse, nos sumergiremos en la investigación misma. Para esto hemos estructurado este capítulo en tres apartados que detallan las observaciones obtenidas de AutoCAD, Revit y ArchiCAD. Y nos valdremos del medio AudioVisual, para su explicación.



<AutoCAD>

AutoCAD es una plataforma actualmente desarrollada y comercializada por Autodesk. Este programa CAD se caracteriza porque nos permite diseñar planos en dos dimensiones que serán recreados luego en tercera dimensión. Sin embargo, como veremos a continuación, el diseño de planos en 2D podría limitar la parametrización de nuestros diseños. Pero no nos adelantemos, pues es necesario detallar primero las observaciones obtenidas en los criterios propuestos para la valoración.

1. VISIÓN.

1.1. Arquitectura Paramétrica. Desde la versión desarrollada en 2010 AutoCAD introduce una serie de herramientas que establecen relaciones geométricas y dimensionales entre los objetos de nuestro dibujo (véase la Fig. 1). Haciendo uso de ellas es posible desarrollar un boceto definitivo en el que podremos introducir datos como dimensiones o la naturaleza de las relaciones entre los objetos que lo componen.

ciones entre los objetos que componen nuestro boceto, por lo que, podemos introducir datos como: paralelismo, perpendicular, coincidencia, entre otros, posibilitando así que nuestro proyecto sea capaz de adaptarse a las variables que ingresemos.

AutoCAD ofrece una interfaz basada en la geometría parametrizada que facilita notariamente el proceso de diseño. La plataforma está basada en la aplicación de las siguientes restricciones:

A. Restricciones Geométricas. Estas se «aplican a puntos concretos de objetos para el control de la geometría» (Arranz, s/a: 8). Se caracterizan por otorgar «forma y estabilidad» (Arranz, s/a: 9) a nuestro diseño. La tipología de restricciones geométricas propuestas por AutoCAD está disponible en el menú 'Paramétrico' (véase la Fig. 2) y se divide en:

a.1. Horizontal: «Provoca que las líneas o los puntos se posicionen paralelos al eje X del sistema de coordenadas actual» (Arranz, s/a: 8).

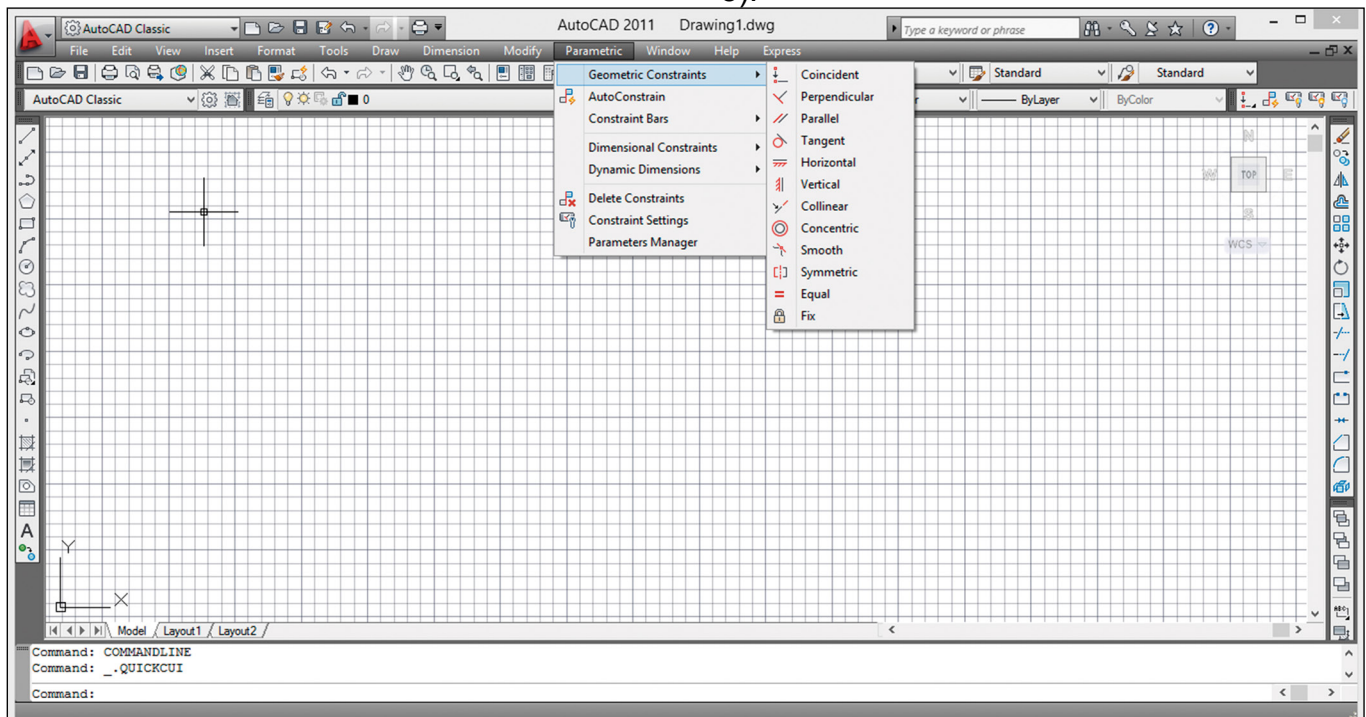


Fig 1. Opciones disponibles en la ventana de parametrización.

En otras palabras, el interfaz propuesto por AutoCAD nos permite dibujar haciendo uso de herramientas convencionales (que resultan familiares para la mayoría de usuarios) que nos ofrecen la posibilidad de agregar rela-

a.2. Vertical: «Provoca que las líneas o los puntos se posicionen paralelos al eje Y del sistema de coordenadas actual» (Arranz, s/a: 8).

a.3. Perpendicular: «Hace que las líneas designadas se posicionen con un ángulo de 90 grados entre las dos» (Arranz, s/a: 8).

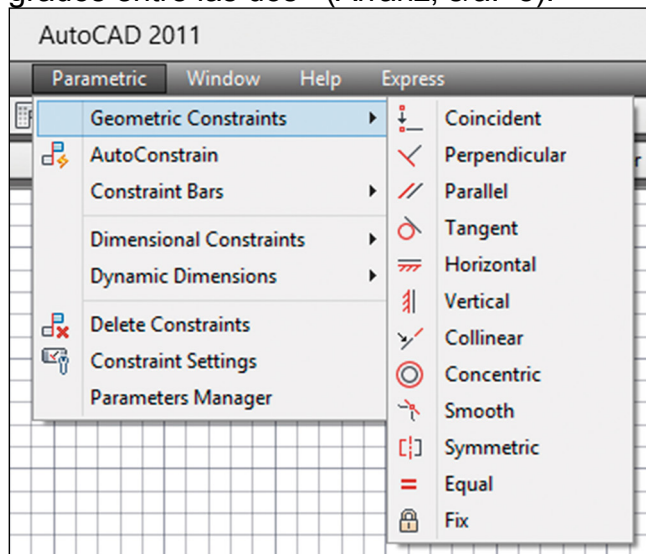


Fig 2. Tipología de restricciones geométricas.

a.4. Paralela: «Hace que las líneas designadas se posicionen en paralelo unas con otras» (Arranz, s/a: 8).

a.5. De tangencia: «Restringe dos curvas para mantener un punto de tangencia entre ambas o entre sus extensiones» (Arranz, s/a: 8).

a.6. De suavizado: «Restringe una spline para que se vea contigua y mantenga continuidad con otra spline, una línea, un arco o una polilínea» (Arranz, s/a: 8).

a.7. De coincidencia: «Restringe dos puntos juntos o un punto respecto a una curva (o a la extensión de una curva)» (Arranz, s/a: 8).

a.8. Concéntrica: «Restringe dos arcos, círculos o elipses, al punto central» (Arranz, s/a: 8).

a.9. Colineal: «Hace que dos o más segmentos de línea se posicionen al largo de una misma línea» (Arranz, s/a: 8).

a.10. Simétrica: «Hace que los objetos designados se vean restringidos simétricamente respecto a una línea seleccionada» (Arranz, s/a: 8).

a.11. De igualdad: «Modifica el tamaño de arcos y círculos aplicándoles el mismo radio;

modifica las líneas designadas para que tengan la misma longitud» (Arranz, s/a: 8).

a.12. Fija: «Bloquea y fija en su posición puntos y curvas» (Arranz, s/a: 8).

B. Restricciones de Cotas. Estas son también conocidas como restricciones dimensionales y se encargan de otorgar «tamaño a la geometría e [imponer] relaciones de tamaño y de distancia [...] entre los objetos que se diseñan» (Arranz, s/a: 9). Asimismo tienen la capacidad de cambiar «el valor de la dimensión» (Arranz, s/a: 10) de los objetos parametrizados. Pueden ser:

b.1. Líneal: «Crea una restricción horizontal, vertical o girada basándose en la ubicación de los orígenes de las líneas de referencia y de la línea de cota» (Arranz, s/a: 9).

b.2. Horizontal: «Restringe la distancia X entre puntos de un objeto o entre dos puntos de objetos diferentes» (Arranz, s/a: 9).

b.3. Vertical: «Restringe la distancia Y entre puntos de un objeto o entre dos puntos de objetos diferentes» (Arranz, s/a: 9).

b.4. Alineada: «Restringe la distancia entre dos puntos de objetos diferentes» (Arranz, s/a: 9).

b.5. Angular: «Restringe el ángulo entre segmento de línea o polilínea, el ángulo barrido por un arco o un segmento de arco de polilínea o el ángulo entre tres puntos de objetos» (Arranz, s/a: 9).

b.6. Radio: «Restringe el radio de un círculo o un arco» (Arranz, s/a: 9).

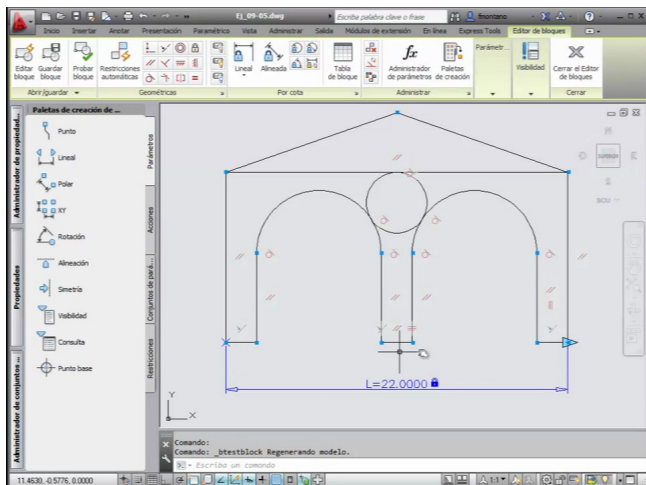
b.7. Diámetro: «Restringe el diámetro de un círculo o un arco» (Arranz, s/a: 9).

C. Restricciones Automáticas. AutoCAD nos permite aplicar restricciones de forma automática en los objetos que componen nuestro diseño. Estas se aplicarían de manera a medida que el dibujo sea plasmado por el usuario «para ello se debe activar el botón de la barra de estado “Deducir restricciones”»

(Arranz, s/a: 12).

Es importante destacar que las restricciones automáticas solo se destinan a restricciones geométricas, no de cota. Por otro lado, si ya hemos iniciado el boceto también las podemos aplicar, «para ello se recurre al comando **RESTRINGIRAUTO**» (Arranz, s/a: 12). v1

En el siguiente video, aprenderemos como parametrizar, un dibujo básico mediante las restricciones que nos brinda AutoCad, además aprenderemos como introducir formulas mediante restricciones de cotas que es la base de la gramática.



Video 1. Restricciones.

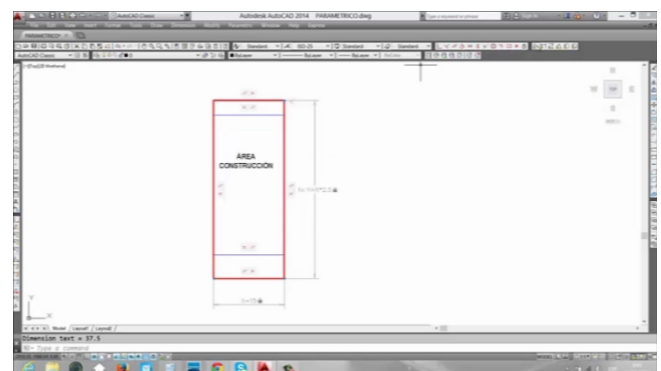
Los parámetros a restringir automáticamente pueden ser especificados por el usuario «se puede definir la prioridad de los parámetros para que el programa pueda deducir con mayor facilidad las restricciones adecuadas. También se puede indicar otros parámetros como las tolerancias de distancias para que el programa pueda realizar deducciones con ese margen» (Arranz, s/a: 13). A pesar de lo conveniente que estas suelen parecer, las restricciones automáticas no siempre resultan en soluciones adecuadas y requieren de constante revisión.

Es así como podemos concluir que, aunque AutoCAD ha introducido herramientas que admiten y facilitan la parametrización en las últimas versiones de su software, estas aún contienen algunas falencias que se evidencian, sobre todo, a la hora de la recreación

de un boceto en tercera dimensión ya que no cuenta con ninguna de ella en sus menus. Es por esto que, a pesar de sus recientes innovaciones, AutoCAD es aún una plataforma especializada en el dibujo y la creación de bocetos en 2D, lo que no permite una verdadera experiencia de optimización dentro de los preceptos del enfoque paramétrico, pues para que esta sea posible se necesita una interconexión inequívoca entre las restricciones y los parámetros introducidos en el boceto en 2D y su recreación en 3D.

1.2. Gramática de la Arquitectura. AutoCAD posibilita la introducción de fórmulas matemáticas para controlar la variabilidad de los objetos, esto a partir de una fórmula base que es la esencia del patrón de nuestro diseño. A continuación ofrecemos un ejemplo ilustrativo en el siguiente video.

En este video desarrollaremos un ejemplo práctico, en este caso se trata de un lote cualquiera, donde; mediante la parametrización y gramáticas se determina las condicionantes de la forma del terreno. Para este ejemplo nos planteamos una gramática sencilla donde el largo del terreno es siempre el doble de su ancho. El objetivo de este ejemplo es mostrarnos las múltiples ventajas de la optimización de un diseño gracias a la automatización de procesos.



Video 2. Gramática de la arquitectura.

1.3. BIM. Al tratarse de un programa basado en un sistema CAD, AutoCAD no posee la capacidad de almacenamiento de información requerida para el diseño de estructuras complejas como un edificio. Por lo que no existe una verdadera experiencia de optimización a la hora de diseñar.



2. CAPACIDAD PARAMÉTRICA.

Después de este análisis podemos concluir que, a pesar de que AutoCAD provee de herramientas que permiten realizar un diseño parametrizado en segunda dimensión mediante sus diferentes restricciones que nos brinda, su interfaz falla a la hora de optimizar los procesos digitales de diseño en 3D, como ya se explicó anterior mente no existe ninguna restricción a la hora de parametrizar en esta dimensión. Es por esto que: que su capacidad paramétrica es media, pero cabe resaltar que al dejarnos parametrizar en 2d y hacer gramáticas de diseño, su capacidad paramétrica nos basta para realizar proyectos, en los cuales solo sea necesario esta dimensión, que no necesite información de edificio (BIM) y que no necesite trasladar la información que contenga a otra base de datos mediante un formato IFC.



<Revit>

«El software Revit para el diseño de edificios se ha desarrollado específicamente para BIM (Building Information Modeling), y permite a los profesionales del diseño y la construcción transformar las ideas desde el concepto hasta la terminación con un enfoque coordinado y homogéneo basado en modelos. Revit es una sola aplicación que incluye características de diseño arquitectónico, construcción, ingeniería MEP y estructural» (Autodesk, 2014, s/p)

1. VISIÓN

1.1. Arquitectura Paramétrica. La arquitectura paramétrica está basada en el establecimiento de relaciones que modifiquen varios elementos a través de fórmulas determinadas. Revit considera esta premisa como una parte fundamental de la estructuración de su interfaz, como consecuencia obtenemos soluciones basadas en un motor de cambios contextual. En otras palabras, Revit provee un lienzo en el que el diseño base resulta en un modelo gráfico que establece relaciones paramétricas sobre los objetos que componen un proyecto como su mobiliario, como se lo puede ver en la *Fig. 3* a continuación.

Es por esto que este *software* nos permite crear interrelaciones entre los elementos introducidos, los que a su vez, pueden ser definidos por el programa en sí mismo, el usuario, o ambos simultáneamente.

Cuando el usuario modifica un elemento en su diseño base, el motor de cambios paramétricos determina cuáles de los elementos involucrados deben actualizarse, esto sin importar el orden cronológico en el que estos fueron introducidos. Revit considera primordiales las conexiones creadas por el usuario. Es justamente esta cadena de interrelaciones la que le permite al programa crear y mantener enlaces paramétricos entre los elementos existentes en nuestro diseño. Además, son estos vínculos los que capacitan al usuario para la manipulación total de un diseño a través de fórmulas matemáticas (véase la *Fig. 4*).

1.2. Gramática de la Arquitectura. Debemos recordar que Revit está basado en el enfoque paramétrico, por lo que permite la modificación de relaciones a través de fórmulas matemáticas que responden a la visión propuesta por la gramática de la arquitectura. Esta plataforma autoriza la generación y modificación de formas a partir de reglas propuestas con anterioridad. Es decir, este posibilita la creación de un parámetro o una variable dotada de información.

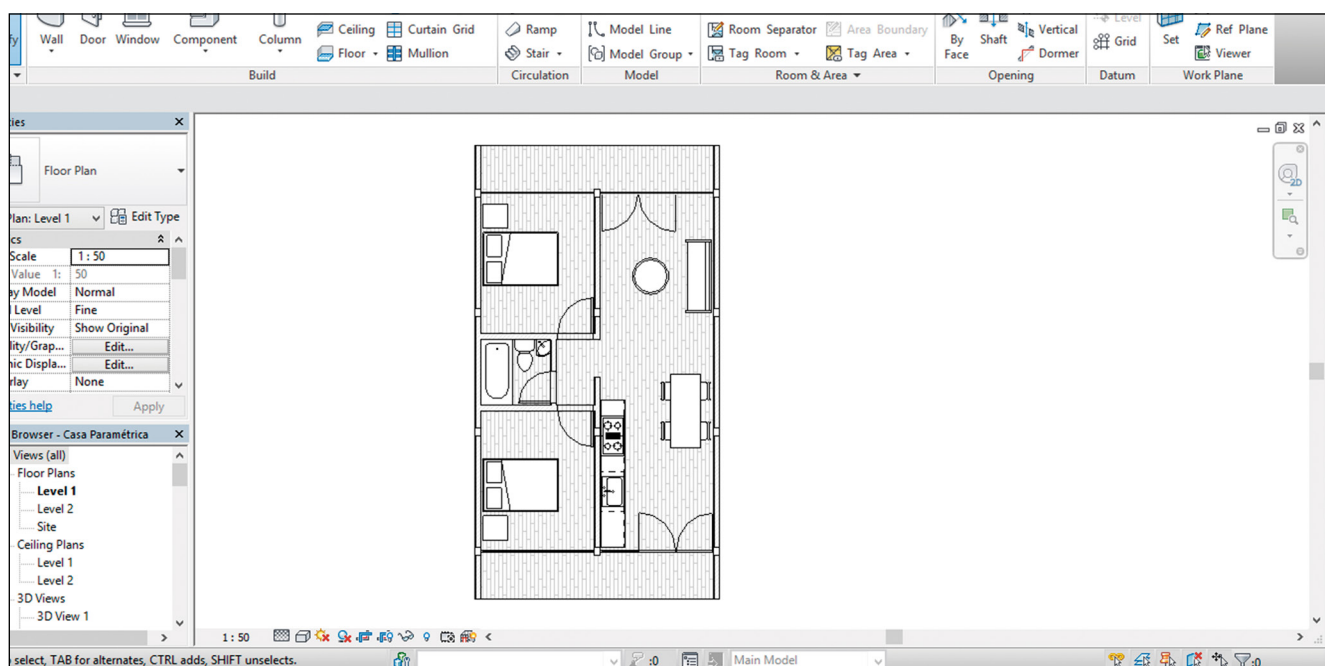


Fig 3. Nótese la simplicidad en la visualización del modelo base.

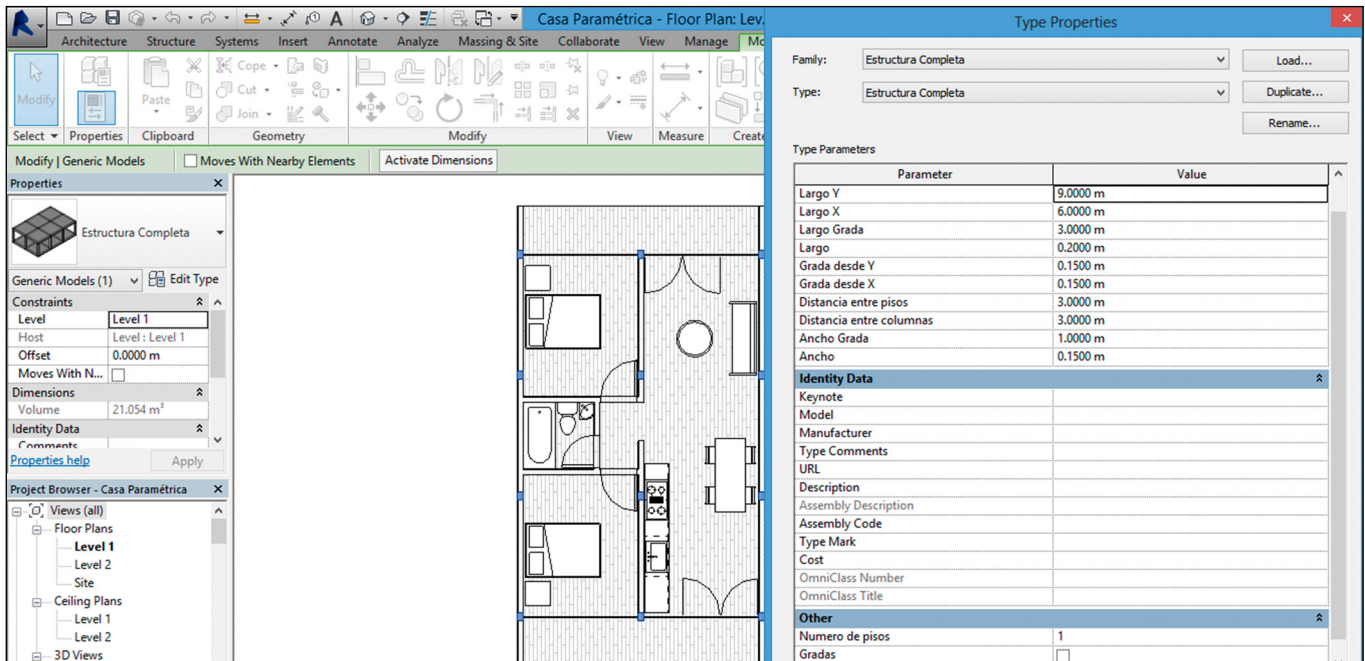


Fig 4. Pestaña que permite el control del diseño en su totalidad.

Por esta razón Revit es, no solo un *software* de representación gráfica, sino una herramienta que simplifica los procesos de diseño. A diferencia de los programas basados en sistemas CAD (como AutoCAD, descrito anteriormente), que requerían de largas horas invertidas en la coordinación de modificaciones hechas a los diversos elementos interconectados de un todo, Revit se encarga de estas modificaciones automáticamente gracias a su motor de cambios contextual.

1.3. BIM. Asimismo, Revit está diseñado para trabajar con BIM (*Building Information Modeling*) y dispone de una interfaz característica que lo convierten en una herramienta ideal para el diseño y la construcción, pues facilita el acceso y al almacenaje de la información y los datos de las variables de los objetos que componen nuestro diseño.

«La plataforma Revit es la solución de Autodesk creada específicamente para el modelado de información de edificios. Aplicaciones como Revit Architecture, Revit Structure y Revit MEP, basadas en la plataforma Revit, son sistemas completos de diseño y documentación de edificios específicos para cada disciplina, y dan soporte a todas las fases del diseño y la

documentación de construcción. Desde los estudios conceptuales hasta los dibujos de construcción y tablas de planificación más detallados (véase la Fig. 5), las aplicaciones basadas en Revit proporcionan una ventaja competitiva inmediata, aportan mejor coordinación y calidad, y pueden contribuir a rentabilizar la tarea laboral de los arquitectos y del resto del equipo de construcción» (Autodesk, 2007: 3)

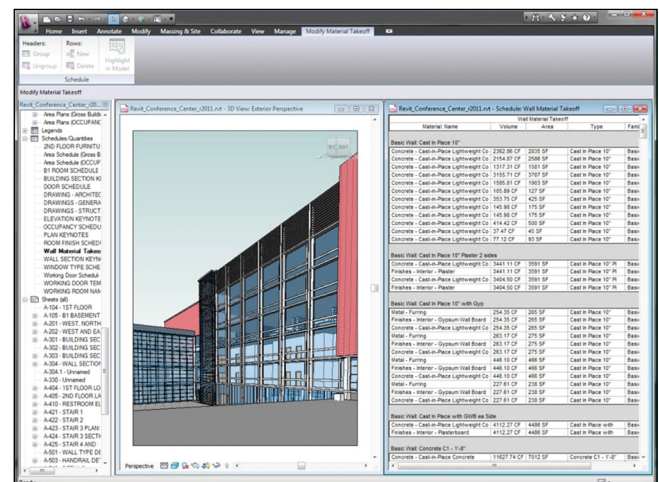


Fig 5. Información obtenida en Revit.

1.4. IFC. Revit nos permite extraer información en formato IFC. Esto posibilita su versatilidad pues es posible interactuar, intercambiar e integrar esta información a otros *softwares* y aplicaciones de diseño y modelado, lo que transforma a Revit en un instrumento totalizador del escritorio virtual del arquitecto moderno. De la misma manera, esto magnifica su campo de acción y trascendencia, por lo que Revit resulta en un instrumento versátil.



Fig 6. Formatos compatibles con IFC.

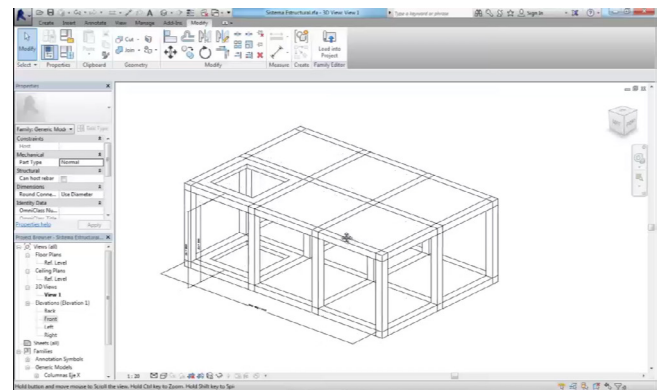
2. CAPACIDAD PARAMÉTRICA.

La capacidad paramétrica de Revit es notable, pues se trata, como ya mencionamos anteriormente, de un programa totalmente basado en los usos prácticos propuestos por la arquitectura paramétrica y la gramática arquitectónica. Este nos brinda la oportunidad de parametrizar un diseño desde su estructura base al momento de introducir variables en los objetos que lo componen, como, columnas, vigas, losas, mampostería e ingenierías.

Podríamos dedicar extensos apartados de texto para explicar apropiadamente algunos de los aspectos que caracterizan a la interfaz que ofrece Revit, especialmente en lo que respecta a comandos de parametrización y procesos de interrelación estructural. Es por esto que, en lugar de describir textualmente estos procesos hemos optado por un recurso audiovisual que nos permita representar los diferentes mecanismos y métodos de parametrización e interrelación que Revit provee para el desarrollo de un proyecto desde su estructura base. Asimismo, haremos énfasis en el procedimiento adecuado para ingresar

parámetros en los objetos que conforman un proyecto. Esto, a través de la siguiente demostración visual en la que expondremos el verdadero alcance de la capacidad paramétrica de este *software* y cómo influye directamente en la optimización de los procesos digitales de diseño.

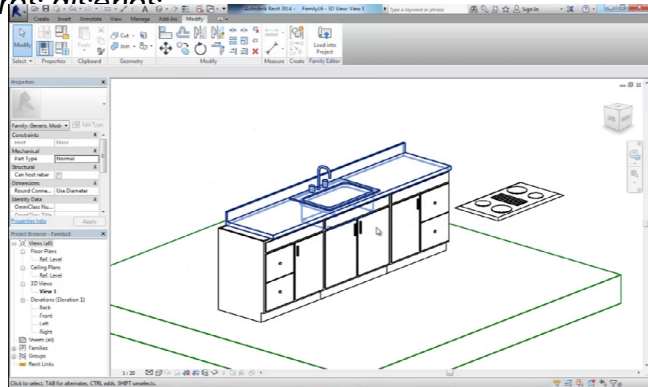
En este video se muestra como se parametriza una estructura cualquiera, mostrándonos los magníficos resultados conseguidos en esta plataforma, donde se llegó a controlar en su totalidad la estructura mediante parámetros. En donde en un cuadro de dialogo que creamos el cual contiene las diferentes gramáticas de diseño, es posible decidir que: ¿Cuántos pisos queremos?, ¿Si requerimos o no de hueco de gradas?, ¿Cuántas columnas necesitamos?, ¿Que factor de crecimiento tiene nuestras vigas y columnas con relación a las luces que nos establezcamos?. Este video muestra la esencia del estudio realizado gracias a los alcances obtenidos.



Video 3. Capacidad paramétrica.

Debemos destacar, además, que las posibilidades de parametrización propuestas por Revit no se limitan simplemente a los aspectos estructurales, sino que nos permite también crear conexiones con otros elementos, como por ejemplo el mobiliario de nuestro diseño. Es así como se mantienen relaciones proporcionales y posicionales entre elementos, estos serán modificados según las variables ingresadas y las relaciones de interacción establecidas. De esta forma se propicia la productividad máxima del espacio considerado en el proyecto.

En este video se muestra la forma de parametrizar mobiliarios para que funcionen con nuestros diseños.



Video 4. Parametrización de mobiliario.

De este breve análisis podemos concluir que Revit está ciertamente diseñado para optimizar los procesos digitales de diseño pues, no solo facilita el proceso al ofrecer una plataforma inspirada en los usos prácticos de la arquitectura paramétrica y la gramática de la arquitectura, sino que considera además los intereses de sus usuarios, pues es compatible con sistemas CAD o BIM. Además resulta en un programa que interactúa y se integra con otros *softwares* disponibles para el quehacer arquitectónico al ofrecer un formato tan versátil y difundido como lo es IFC.

<ArchiCAD>

ArchiCAD fue desarrollado por la compañía Graphisoft en la década de los 80. Fue el primer software diseñado para trabajar con procesos BIM. ArchiCAD permite a sus usuarios bosquejar con procesos de modelación paramétrica y obtener recreaciones inequívocas en 3D. Según Ítalo Branvilla¹, representante legal de Graphisoft en Ecuador, ArchiCAD fue el primer software en sustituir su plataforma por un sistema BIM.

1. VISIÓN.

1.1. Arquitectura Paramétrica. Según Branvilla, ArchiCAD cuenta con elementos paramétricos característicos como:

a. Una gran librería de mobiliario.

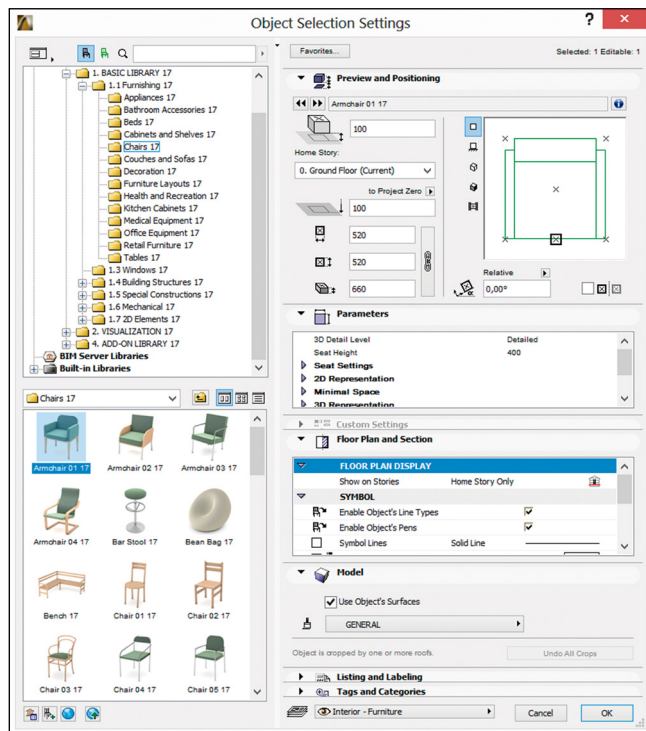


Fig. 7. Ventana de "Mobiliario".

El mobiliario que ofrece ArchiCAD es completo y diverso. Cada uno de sus componentes cuenta con diferentes variables paramétricas que pueden ser modificadas según la conveniencia del arquitecto. Además, su interfaz es comprensible, solo hace falta mover un objeto hacia el área de trabajo para introducirlo en nuestro diseño. Sin embargo, en algunas ocasiones ArchiCAD ofrece libertades que podrían afectar los procesos paramétricos, por ejemplo, en algunos casos basta con estirar una

1. Entrevista personal realizada en la ciudad de GUAYAQUIL en octubre del 2013 por el autor.

figura para modificar su escala, lo que podría afectar el balance del diseño global. Porque, aunque estas opciones parezcan convenientes a primera vista, afectarán las relaciones geométricas de interconexión entre elementos, lo que resultaría en errores graves.

b. El sistema estructural.

ArchiCAD ofrece un sin número de variedad de columnas, como podemos ver en la Fig. 8, y al igual que en la biblioteca de mobiliario su interfaz es simple y amigable, lo que facilita el control y modificación de los aspectos parámetros.

c. Elementos de construcción.

Los diferentes elementos de construcción como paredes, pisos o cielos rasos, son parametrizables (véase la Fig. 9). Esto facilita el trabajo a la hora de diseñar.

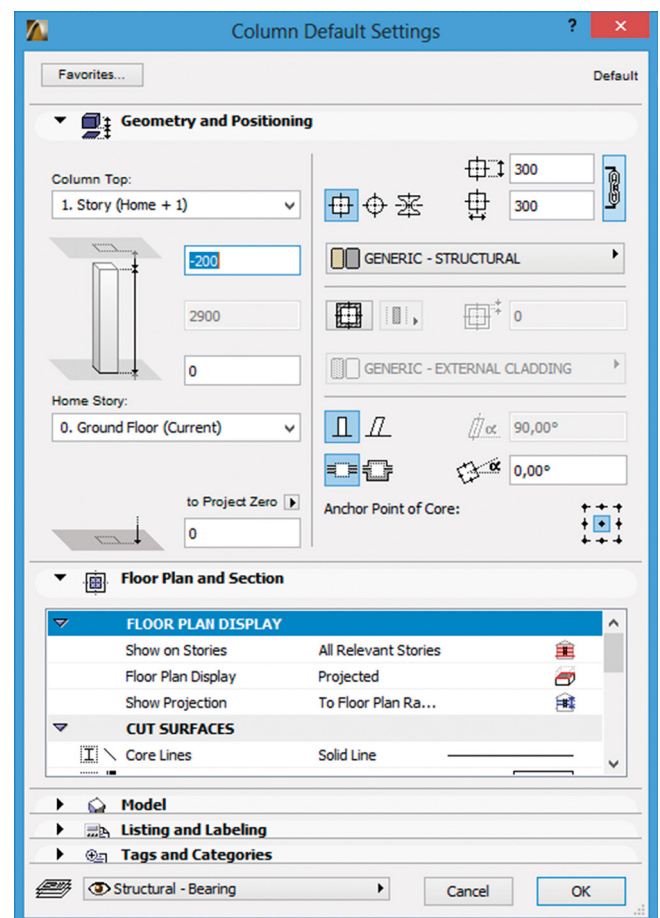


Fig. 8. Ventana de ajustes "Columnas".

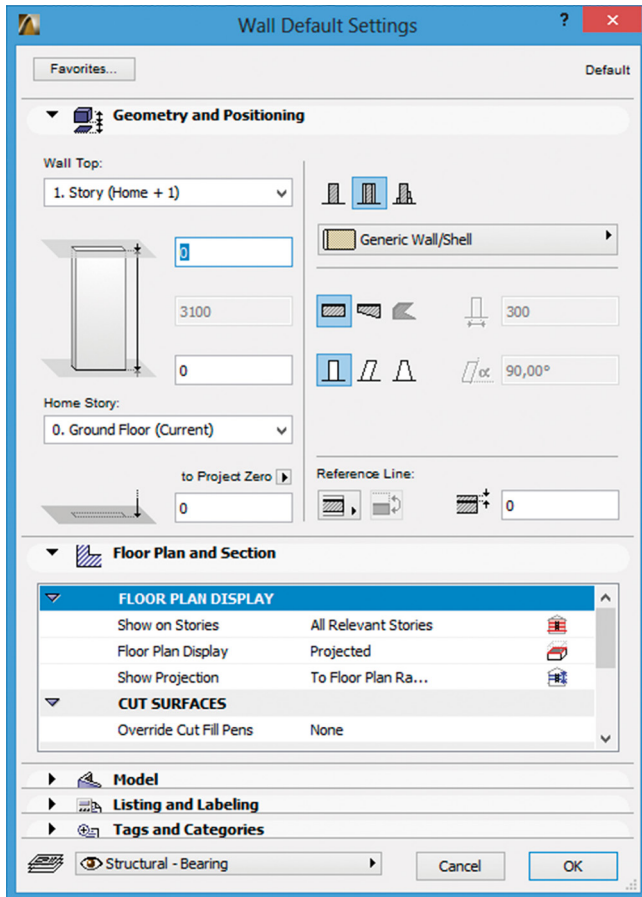


Fig. 9. Ventana de ajustes "Paredes".

ArchiCAD es una herramienta de representación arquitectónica que utiliza la parametrización como una estrategia para ingresar datos a su sistema BIM. No obstante, para elaborar un diseño paramétrico, no basta con un archivo BIM, debe existir también un método para interrelacionar los objetos que componen un diseño con parámetros a establecer. Esta correspondencia está representada en la Fig 10.

ArchiCAD debe admitir el ingreso de variables que nos permitan crear y modificar un proyecto mediante *parámetros de diseño*, solo así seremos capaces de poder seguir el proceso representado en la figura anterior. Estos parámetros serán administrados por el usuario en la interfaz de ArchiCAD, quien se beneficiará de las singularidades del sistema BIM. La parametrización de los objetos o mobiliario que conforman un proyecto pasará a ser solo una herramienta para optimizar la representación gráfica del proceso. Debemos recalcar lo importante que resulta para este proceso la modificación de un diseño como

un objeto íntegro, sobre la modificación aislada de los objetos que lo componen. Lamentablemente ArchiCAD no establece relaciones entre los elementos existentes en un proyecto. Las interrelaciones son primordiales para el proceso de optimización, ya que los bocetos inteligentes responden a un criterio de diseño establecido y deben admitir el ingreso de *parámetros de diseño*, de otro modo estos serán inútiles.

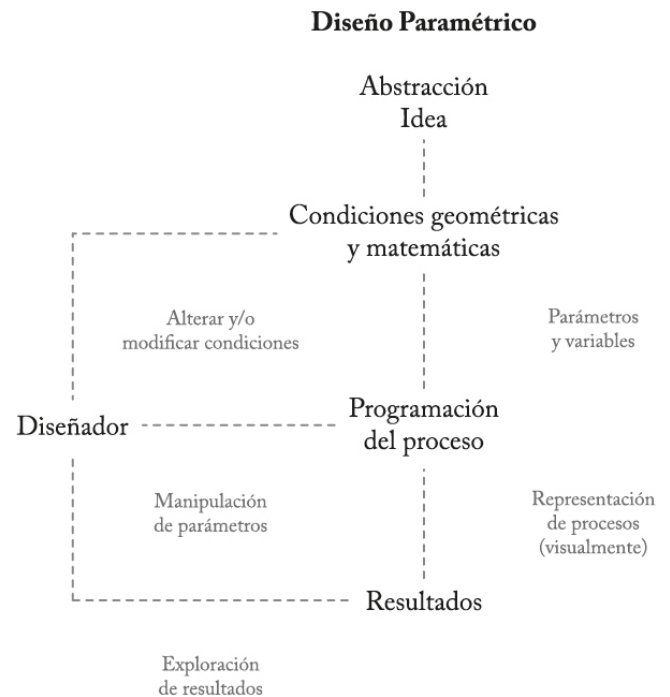


Fig. 10. Diseño paramétrico.

1.2. Gramática de la Arquitectura. Lamentablemente esta plataforma no nos permite interrelacionar los objetos introducidos en nuestro diseño mediante las fórmulas. Con el objetivo de responder el porqué de esta situación, entrevistamos a Ítalo Branvilla, representante legal de ArchiCAD en Ecuador para que nos comentara un poco más al respecto.

Branvilla explicó que ArchiCAD ha evolucionado a partir de las necesidades de los arquitectos. Por lo que ofrece una interfaz intuitiva que facilita el dibujo y el diseño. Destacó también el lema de la compañía: «Tenemos más tiempo para diseñar y menos para dibujar». Por otro lado, aclaró que este *software* no es apto para desarrollar interrelaciones entre su estructura y los demás com-

ponentes que conforman un diseño. Branvilla aclaró que si esa fuera nuestra demanda se tendrían que introducir *scripts*² en un sistema GDL (lenguaje interno de programación paramétrica

de ArchiCAD. Este es similar a Visual Basic³) (véase la Fig. 11).

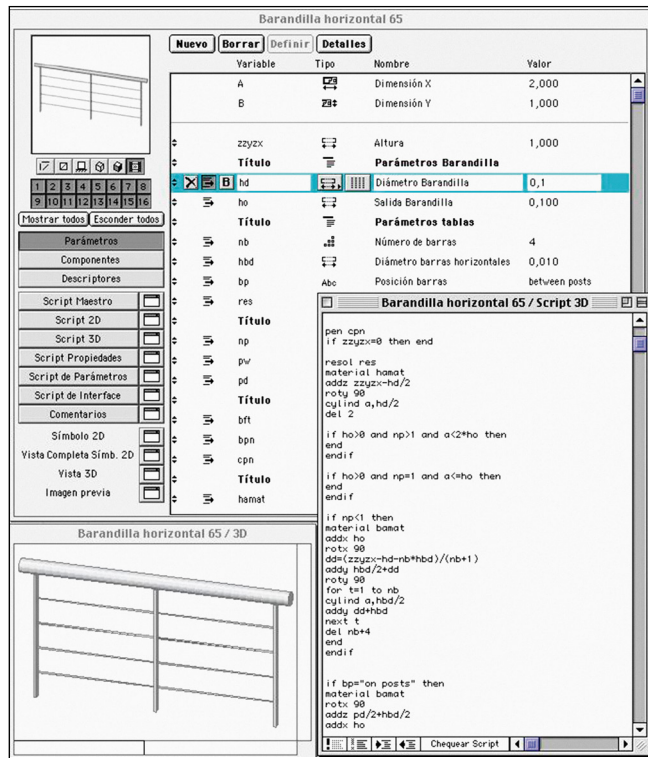


Fig. 11. Cuadro de diálogo de programación GDL.

Además recalco que debido a la complejidad de una plataforma como el descrito anteriormente sería necesario que los usuarios tuvieran, a su vez, conocimientos suficientes sobre programación para ser capaces de diseñar y ese no es el objetivo.

1.3. BIM. Como ya hemos mencionado previamente ArchiCAD inició la revolución BIM, pues fue el primer *software* de diseño arquitectónico en incluirla en su plataforma. Graphisoft se ha dedicado a desarrollar soluciones innovadoras como el revolucionario BIM Server, el primer entorno BIM de colaboración en tiempo real totalmente integrado del mundo, o, Eco Designer, la primera aplicación

completamente integrada al modelo energético de un edificio, y finalmente, Graphisoft BIM, un entorno de presentación interactivo BIM.

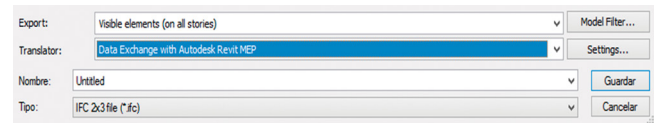


Fig. 12. Nótese las diferentes extensiones de IFC en las que podemos guardar un proyecto.

Es por esta razón que, ArchiCAD resulta perfectamente adaptado a los requerimientos, beneficios y obstáculos que implica un sistema BIM.

1.4. IFC. ArchiCAD trabaja íntegramente con el formato. Es compatible con otros softwares (como Revit) que trabajan con este formato, pues se vale de la extensión Data Exchange with Autodesk Revit Structure (véase la Fig. 12).

2. CAPACIDAD PARAMÉTRICA.

De este análisis podemos concluir que la capacidad paramétrica de ArchiCAD es limitada, cumple parcialmente con los criterios de valoración propuestos en el segundo capítulo, ya que, mientras que este programa está diseñado para trabajar con variables paramétricas para los objetos que conforman un diseño como mesas, sillas, columnas para ingresar datos al sistema BIM, falla a la hora de desarrollar los usos prácticos propuestos por el enfoque de la gramática de la arquitectura, lo que impide la parametrización íntegra de un diseño.

Sin embargo, ArchiCAD es compatible y está perfectamente adaptado al sistema BIM, lo que le permite ofrecer un *software* acorde a las necesidades de diseño del arquitecto moderno, y finalmente su compatibilidad con el formato IFC lo transforman en una plataforma interactiva que se integra con otras disponibles para el quehacer arquitectónico al ofrecer un formato tan versátil y difundido.

2. *Scripts* (archivo de órdenes, archivo de procesamiento por lotes o guion) es un programa que sirve para combinar componentes e interactuar con un sistema operativo o usuario.

3. Visual Basic es un lenguaje de programación dirigido por eventos desarrollado por Alan Cooper para Microsoft.

<C4>

Después de este análisis podemos concluir que, a pesar de que los tres *softwares* son paramétricos en diferentes grados, ya que todos ofrecen la programación de restricciones, mínimas, como en el caso de AutoCAD, o complejas, si nos referimos a Revit, esta cualidad no basta para que se optimice el diseño arquitectónico. Es necesario recordar que, para que se mejoren los procesos creativos debe ofrecer además otras ventajas, como las que se establecieron en los criterios de valoración propuestos en el segundo capítulo de este estudio. En otras palabras, es necesario que un *software* sea capaz de asimilar gramáticas de diseño, además de ofrecer un sistema modelador de información de edificios (BIM) y ser compatible con el formato IFC. Es por esto que, de las tres plataformas analizadas, solo una cumple con los requisitos solicitados, Revit de Autodesk.

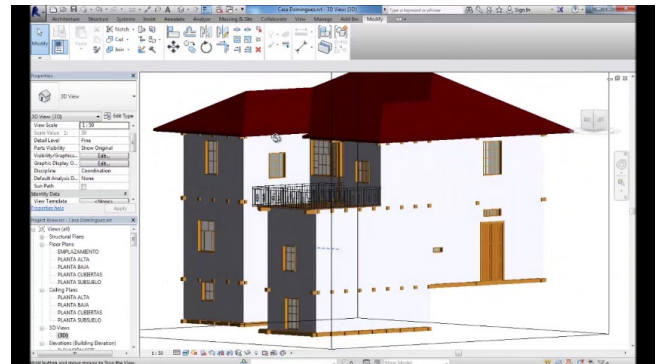
	AutoCAD	Revit	ArchiCAD
Visión			
Arquitectura Paramétrica	X	X	-
Gramática de la Arquitectura	X	X	-
BIM	-	X	X
IFC	-	X	X
Capacidad Paramétrica	-	X	-
TOTAL	2	5	3

Fig 13. Resultados obtenidos.

Revit cumple con todos los requisitos de optimización, por lo que ofrece una experiencia más llevadera para el usuario. Su interfaz facilita la interacción e integración, además de ofrecer diversas herramientas que simplifican y disminuyen las tareas y el tiempo de dibujo, lo que resulta en más energía a la hora de diseñar, experimentar e innovar.

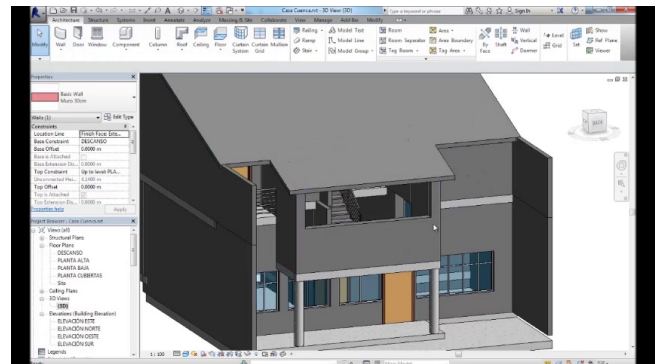
Para finalizar este estudio ofrecemos una serie de videos en los que se ilustra la eficacia de Revit a la hora de trabajar en redibujos de proyectos arquitectónicos característicos de nuestro entorno. Estos videos funcionan como una guía sobre la manera adecuada para desenvolvernarnos en el entorno de Revit según las exigencias de cada proyecto.

a. Arquitectura Patrimonial.



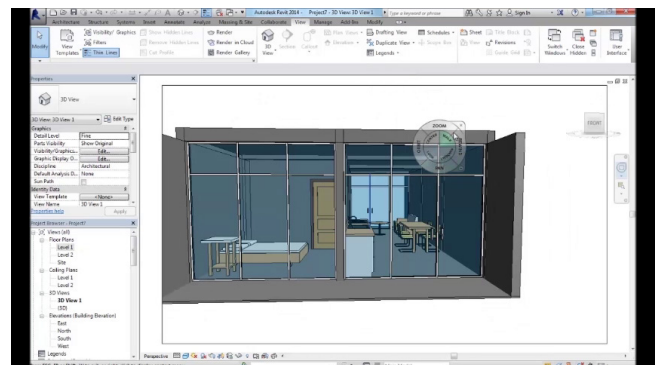
En este redibujo, se enseña cómo; mediante las herramientas del programa de Revit, logramos optimizar procesos de diseño como canchillos y los diferentes elementos que componen esta tipología arquitectónica.

b. Arquitectura cuencana de los años 80.



En este redibujo se muestra la el buen manejo de las herramientas para la optimizar las herramientas para esta tipología de casa.

c. Arquitectura Moderna.



En este redibujo, utilizamos nuestros elementos como estructura y mobiliario creados en el capítulo 3 para Revit, con los cuales desarrollamos un redibujo donde mostramos todas las herramientas para la optimización de procesos en esta tipología arquitectónica.



<Glosario>



-BIM, Building Information Modeling

-IFC, Industry Foundation Classes

-GLD,(lenguaje interno de programación paramétrica

-BIM Server, el primer entorno BIM de colaboración en tiempo real totalmente integrado del mundo

-VISUAL BASIC, es un lenguaje de programación dirigido por eventos desarrollado por Alan Cooper para Microsoft.

-SCRIPTS (archivo de órdenes, archivo de procesamiento por lotes o guion) es un programa que sirve para combinar componentes e interactuar con un sistema operativo



<Referencias Bibliográficas>



ARRANZ, A. (s/a). *AutoCAD Práctico. Vol. III. Nivel Avanzado*. España. Donostiarra.

AUDEVES, Selene et al. *Compilación de Artículos de Investigación de la Red Académica Internacional Diseño y Construcción*. Disponible en: http://administracionytecnologiaparaeldisenio.azc.uam.mx/publicaciones/cong_2012/Art%202%20Selene%20Audeves%2033-48.pdf. Acceso: 27 de Enero de 2014.

AUTODESK. *BIM: Desde el Concepto Hasta la Finalización*. Disponible en: http://images.autodesk.com/emea_s_main/files/sp_revit_bim_bim_concept-to-completion-_missing_word.pdf. Acceso: 29 de Julio de 2014.

Revit. Disponible en: <http://www.autodesk.es/products/revit-family/overview>. Acceso: 29 de Julio de 2014.

BONED, Javier et al. *Proyecto Arquitectónico Mediante Gramáticas de Formas Sencillas y Aprendizaje*. Disponible en: <http://www.lcc.uma.es/~perez/ntidapa/caepia57.pdf>. Acceso: 27 de Enero de 2014.

DUQUE, Karina. *Clásicos de Arquitectura: Quinta da Malagueira / Álvaro Siza*. Disponible en: <http://www.plataformaarquitectura.cl/2012/02/21/clasicos-de-arquitectura-quinta-da-malagueira-alvaro-siza/>. Acceso: 27 de Enero de 2014.

ETCHEGARAY, Felipe. *La Identificación de una Gramática Formal a través del Modelado Digital*. Disponible en: http://upcommons.upc.edu/e-prints/bitstream/2117/14681/1/sigra-di2011_173.content.pdf. Acceso: 27 de Enero de 2014.

FRAILE, Marcelo. *El Nuevo Paradigma Contemporáneo del Diseño Paramétrico a la Morfogénesis Digital*. Disponible en: http://www.academia.edu/2146376/El_nuevo_paradigma_contemporaneo_Del_diseno_parametrico_a_la_morfogenesis_digital. Acceso: 27 de Enero de 2014.

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. *Parámetro*. Disponible en: <http://lema.rae.es/drae/?val=PAR%C3%81METRO>. Acceso: 27 de Enero de 2014.